

# 基于显著性特征的滑坡堆积体块石检测

王庆雅

中煤航测遥感集团有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v6i3.1515

**[摘要]** 无人机图像在山地滑坡信息提取中扮演着重要角色,目前在山地滑坡提取中,所需算法复杂、特征冗余、图像上对单一山体滑坡的特征研究还不够充分,本文利用0.03m无人机图像对山体滑坡灾害发生后堆积体块石的分布特征进行了分析,并对山体滑坡堆积体块石进行了基于显著性特征的检测。发现滑坡体块石分布特征明显,显著性特征对于块石检测具有较好的效果,可为影像上滑坡提取提供借鉴。

**[关键词]** 无人机影像; 显著性特征; 滑坡堆积体块石检测

中图分类号: V279+.2 文献标识码: A

## Detection of Landslide Accumulation Block Rocks Based on Significance Features

Qingya Wang

China Coal Aerial Survey and Remote Sensing Group Co., Ltd

**[Abstract]** UAV images play an important role in mountain landslide information extraction. Aiming at the current problems of complex algorithms, redundant features, and insufficient research on the image characteristics of individual mountain landslides, this paper uses 0.03 m UAV images to analyze the distribution characteristics of accumulated block rocks after mountain landslide disasters, and detects the accumulated block rocks of landslides based on significant features. The results show that the distribution of block rocks in landslide accumulations has obvious sorting characteristics, and significant features have a good effect on block rock detection, which can provide a reference for landslide extraction on images.

**[Key words]** UAV images; significant characteristics; landslide accumulation block rock detection

### 引言

构成斜坡的物质,岩石、泥土、人工填土或这些物质的结合体,这些物质向下和向外移动形成了滑坡。当滑坡发生后,利用无人机影像快速提取滑坡信息,对于救援和评估灾害损失具有十分重要的意义。由于滑坡体的物质构成和运动方式的多样性,很难找到结构完全相同的滑坡体,但从更一般的角度来看,在大多数滑坡体上都存在物质移动形成的堆积体,所以分析滑坡堆积体至关重要。

视觉显著性检测是通过计算机算法对人的视觉特征进行模拟,对图像中比较容易被视觉关注的信息进行提取的过程,也就是对感兴趣的区域提取的过程。目前,视觉显著性检测已在图像处理中得到广泛应用,包括目标检测、目标追踪、目标提取、图像检索等诸多方面。于野<sup>[1]</sup>等提出一种卷积神经网络模型,结合显著性特征,通过构建多级显著性映射结构来探测船只,结果表明显著性特征更具有鲁棒性。石祥滨<sup>[2]</sup>等解决了目标跟踪漂移问题,利用梯度和色彩信息融合的显著性特点,能对形变复杂的目标进行很好的跟踪。陈一祥<sup>[3]</sup>等通过视觉显著性和知觉组织

的结合,提取了居民在高分辨率遥感影像上的土地。

### 1 研究区概况

本研究范围为山西太原西山偏桥沟山体滑坡,位于山西省太原市万柏林区西山,地理位置为:北纬 $37^{\circ} 49' 09''$  -  $37^{\circ} 49' 17''$ ,东经 $112^{\circ} 21' 37.8''$  -  $112^{\circ} 21' 38.3''$ ,原始坡面呈凸状陡坡,西北高,东南低,滑坡西侧山脊最高点1323米,最低点为1166米的东侧沟谷。

### 2 堆积体块石分布特征分析

滑坡堆积体在影像上的平面形态大多为扇形,大部分的稳定斜坡和人工堆填土边坡在影像上的平面形态也为扇形。但两者表层的物质分布具有明显的差异,滑坡堆积体上的物质分选特征明显:堆积物颗粒粒径分布不均匀,平均粒径由上至下逐渐增大,大粒径颗粒主要分布在坡角和堆积前缘,细粒径颗粒主要集中在堆积的坡体表层,由上至下逐渐减少,但也有零星的大粒径颗粒散布在堆积体表层。分选特征可区别滑坡与稳定坡,人工堆填土边坡。

滑坡堆积体是由黄土和各种大小不同粒径的块石组成,从

图像上判断堆积体底部为黄土, 堆积体的表层是块石, 源区的块石粒径相对最小, 堆积前缘的块石粒径最大, 较大粒径的块石也零星散布在堆积体表层的各个位置。如上图1所示, 堆积体上按块石粒径大小的分布特征分成三个部分, 其中坡脚处为曲线1、堆积体前缘为曲线3、两者中间为曲线2。源区至曲线1部分为细粒型径块石分布区, 在该区域内分布有细粒径块石, 整片堆积体的块石大小较为均匀; 曲线2至3部分为大粒径块石分布区, 可以看出大块石主要集中在堆积前缘; 曲线1至2段是过渡区, 是坡脚与堆积前缘之间的以中粒径块石为主的区域。也有一些零星的大块石出现在堆积坡体的表层上, 从坡脚到堆积前缘的块石分布不均, 大块石逐渐增多。

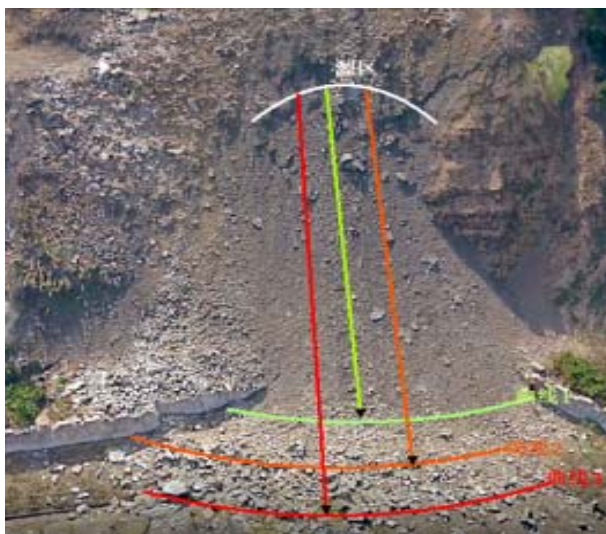


图1 三维影像



图2 无人机影像

如上图2所示, 人工鉴定了上述三条曲线附近的部分块石, 不难发现, 在曲线3附近的块石, 粒径最大, 轮廓清晰, 块数较少, 且呈散状分布, 但在图像上显得比较鲜艳, 判断起来也比较容易; 曲线2附近的块石粒径稍小, 块石与块石之间层层堆积, 空隙极小, 轮廓不清, 数量多, 分布集中, 在图像上也比较鲜艳, 对单

个块石的判断有一定的难度; 曲线1附近的块状粒径最小, 数量也最多, 这些难以判断的细粒径块石轮廓基本看不出来因此用散点来替代, 在图像上亮度最小。

综上, 滑坡体的特征是: 滑坡体的表层有大小不等的块石, 这些块石的大小、位置、亮度都不一样, 而块石粒径大的最少, 主要分布在堆积的前缘, 其亮度在影像上较高; 堆积的前缘至坡脚之间分布着中等粒径块石, 在图像上具有适度的亮度; 分布在源区与坡脚之间的图像上亮度最暗的细粒径块石数量最多。

### 3 研究方法 with 结果分析

考虑到滑坡堆积体内块石的这种分选特征, 并利用散落块石与周围地物的分布及亮度差异, 本文针对滑坡堆积体块石使用显著性特征进行检测。

#### 3.1 视觉显著性特征描述

在面对自然复杂场景时, 人类视觉系统有能力对感兴趣的目标进行快速搜索和定位。显著性检测便是通过建立自底向上和自顶向下两种模式的显著性模型来模拟人的视觉注意力机制。自底向上是利用图像本身, 在数据的推动下快速前进的过程; 由上而下, 是由任务推动, 是一个缓慢而自觉的过程。现在大部分的显著性检测模型都是利用图像本身的特征, 也就是通过自底往上的方式进行检测。最容易引起人们视觉重视的因素就是对比度, 根据对比度计算区域的不同, 可分为两个方面: 全局对比度和局部对比度, 其中局部对比度如AC<sup>[4]</sup>算法、ITTI算法等是利用图像中某个像素点与邻域像素点的对比度来计算显著性。全局对比度如LC算法<sup>[5]</sup>、FT算法<sup>[6]</sup>是利用图像中的某个像素点与其他所有像素点的对比度来计算显著性的。

#### 3.2 堆积体块石检测分析

本文根据上文所述的块石分布特征, 首先对不同大小的潜在块石进行基于亮度特征的全局对比度计算, 其次对非块石进行排除, 完成堆积体块石检测。以下为具体步骤:

(1) 显著性检测。显著性特征图是通过全局亮度对比度计算原滑坡图而得。在原始图像上, 黄土堆积部分的亮度较低, 显著性较弱, 块石区的高亮程度较高, 粒径不同的块石, 其亮度也有明显的差异。本文采用基于全局对比度的LC算法进行计算, 该算法描述了突出整张图像轮廓信息的图像整体, 能产生均匀、致密、显著的区域。

LC算法的基本思想是将一个像素点p在图像I上与所有其他像素点的颜色距离之和和像素点p的对比度。它的计算公式是:

$$S(p) = \sum_{q \in I} d(p, q) \quad (1)$$

其中p取值范围为[0, 255], LC算法适应所有特征, 比如颜色、亮度等, 但实际上不同的数据类型P取值范围也是不一样的。在计算中, 每个像素点都需要和其他所有像素点一起计算, 比较复杂, 所以LC算法通过直方图归类像素点特征值来减少复杂度, 以加速全局对比度。

设特征值n出现的频率为f<sub>n</sub>, 可以简化成:



$$S(p) = \sum_{n=0}^{255} f_n d(p, n) \quad (2)$$

其中特征值之间的距离 $d$ 是需要记录已经计算过的特征值在过程中的显著值,以事先计算的大小为 $256 \times 256$ 的距离矩阵来求得,从而避免重复计算。

实验所使用的数据为无人机影像,其分辨率为 $0.03\text{m}$ ,大小为 $750 \times 850$ ,如图3所示,全局亮度显著图如图4所示,画面中的颜色越白,像素点越接近橙红色,表明其显著性越强。



图3 原始无人机影像

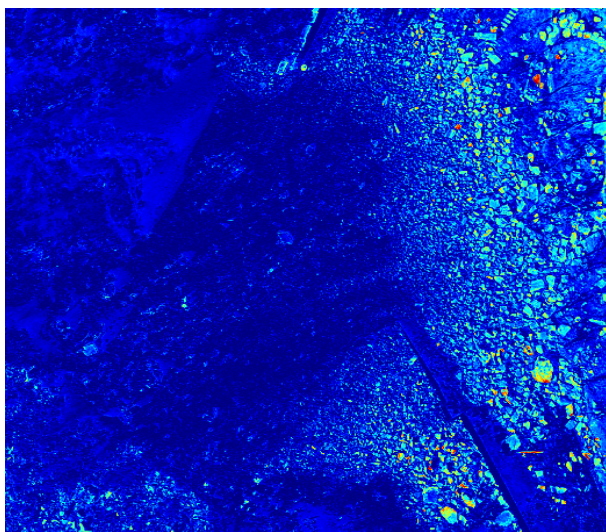


图4 全局亮度显著图

如图4所示,显著图上左侧为蓝色,颜色偏暗,对比度高的像素点基本没有,而右侧的像素点上则是大量的亮白色斑点,大小不一,还有橘红色的部分,有大量的高对比度像素点。右侧比左侧亮,说明原图中左侧显著性偏低,右侧显著性偏高。这与原图左侧近源区的特征相吻合,即在原图上是亮度较低的细粒径块石,右侧远离源区且分布较多大小不一、轮廓清晰、亮度较高的大粒径块石。显著图上的滑坡堆积体有凹凸感,这种明暗变化的差异使得块石之间的区分度更加明显,而一些高亮的块石分布

在影像上突出为橘红色。

(2) 二值分割。在全局亮度显著性图上,非块石区域的显著性较低,块石区域的显著性较高,显著性较高的区域即为潜在的块石区域,所以块石检测问题可以被看作是一个二值分割问题。OTSU阈值分割是将图像按照灰度特性分为背景和前景两部分,本文首先通过OTSU阈值分割,求得分割阈值为 $0.32$ ,如下图5所示的分割结果;图中有大量的小图斑出现,有些石头中间也有空洞,为把图中的小图斑去掉,空洞填满,通过形态学开运算,就得到了如下图6所示的经过精细化的潜在块石区域。

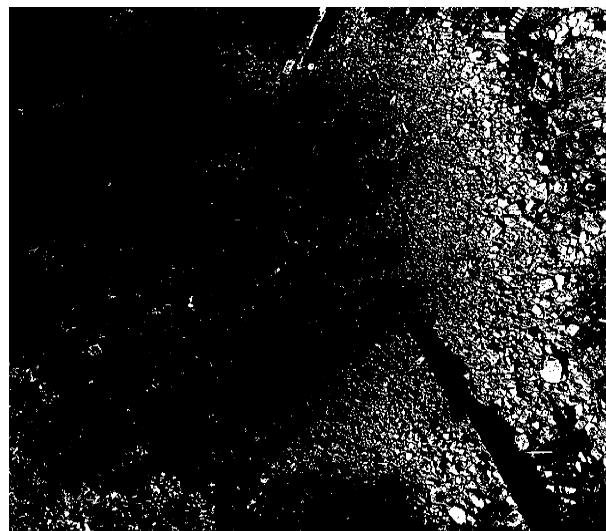


图5 阈值分割结果

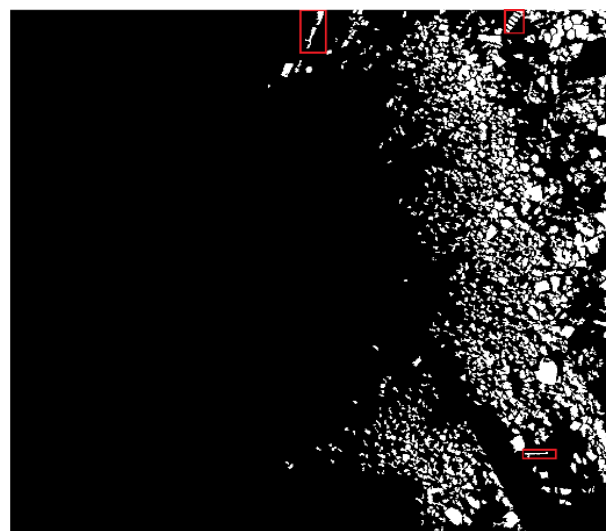


图6 形态学处理及填充结果

(3) 按几何形状去掉非块石。经过精细化的潜在块石区有较多形状规整的块石,对比原始影像发现,这些规整的块石多为道路和人工搭建的挡墙,如图6中的红框所示,这些规整的人工建筑形态具有较大的长宽比,而滑坡堆积体上的块石则是自然滚动的,形态各异,极不规整,长宽比也相对较小,因此,文中剔除了长宽比较大的人工建筑,剔除了 $5.9$ 以上长宽比的高亮区域。如下图7所示是块石识别二值图,如下图8所示的为叠加了原

始影像的块石检测结果,图中红色区域为块石外接矩形框,蓝色点状区域为块石中心点。



图7 块石检测二值图像

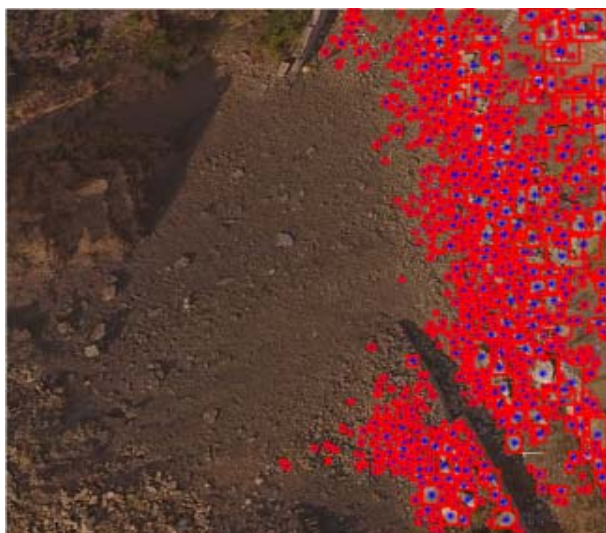


图8 影像叠加结果

从实验结果可以看出,检测效果最好的是大粒径块石,边界清楚;检测效果稍差的是中等粒径块石,边界模糊;检测效果最差的是细粒径块石,遗漏较多。结合显著性特征和几何特征的方法从整体上可以较好地检测坡脚到堆积前缘的块石,但对堆积

坡体上的零星块石不能有效识别,这是由于堆积前缘的块石亮度较高,显性值也较高,而堆积坡体上的块石由于黄土包裹等原因亮度较低,不能按照二值进行分割和区分。

#### 4 结论

利用无人机图像,在分析滑坡堆积体块石分布特征的基础上,根据显著性特征,对滑坡堆积体上的块石进行了检测,结果显示:

(1) 滑坡堆积体上的块石有明显的分选特征;

(2) 基于全局对比度的显著性特征能较好地提取粒径不同的块石,细粒径块石的亮度较低,显著性低,粗粒径块石的亮度较高,显著性高;

(3) 本文不足之处在于实验中相关参数的设置包括分割阈值的设置、潜在块石区域的长宽比设置等都是经验性值,这些都与图像分辨率、滑坡尺度大小有关,缺乏有效依据,有待进一步研究。

#### [参考文献]

[1]于野,艾华,贺小军,等.A-FPN算法及其在遥感图像船舶检测中的应用[J].遥感学报,2020,24(02):107-115.

[2]石祥滨,张健,代钦,等.采用显著性分割与目标检测的形变目标跟踪方法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2016,28(4):644-652.

[3]陈一祥,秦昆,张晔,等.视觉显著性与知觉组织相结合的高分影像居民地提取方法[J].测绘学报,2017,46(12):1959-1968.

[4]Wang L,Lu H,Ruan X,et al.Deep networks for saliency detection via local estimation and global search[C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR),Boston,MA,2015:3183-3192.

[5]Zhai Y,Shah M. Visual attention detection in video sequences using spatiotemporal cues[C]//Proceedings of the 14th ACM International Conference on Multimedia, Santa Barbara, CA,USA,2006:815-824.

[6]Achanta R,Hemami S, Estrada F, et al. Frequency-tuned salient region detection[C]//2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,Miami,FL,2009:1597-1604.